

Studi Pendahuluan Pembuatan Paduan Logam La dan B Menggunakan Proses Basah (Muhadi Ayub Wasitho)

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007

Tanggal 26 Juni 2007

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN PADUAN LOGAM La DAN B MENGGUNAKAN PROSES BASAH

Muhadi Ayub Wasitho

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) - BATAN

Jl. Babarsari, Kotak Pos 1008, Yogyakarta 55010

ABSTRAK

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN PADUAN LOGAM La DAN B MENGGUNAKAN PROSES BASAH. Telah dilakukan pembuatan paduan logam La dan B dengan proses basah menggunakan asam borat dan La oksida sebagai umpan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa proses basah (*sol-gel*) dapat digunakan dalam pembuatan paduan logam La dan B serta untuk mengetahui pengaruh asam sitrat terhadap proses *sol-gel*. Gel yang terbentuk dikalsinasi secara bertahap dari suhu 400 °C hingga 900 °C dengan waktu pemanasan selama 1 jam. Setelah proses kalsinasi sampel dikarakterisasi struktur kristalnya menggunakan alat *X-Ray Diffractometer (XRD)*. Hasil pengujian *XRD* menunjukkan bahwa terjadi perubahan pola difraksi pada bahan dengan suhu kalsinasi yang berbeda. Pada suhu kalsinasi 500 °C hingga 800 °C struktur kristal masih berbentuk amorf. Pada suhu kalsinasi 900 °C telah terbentuk struktur kristal LaB_6 dalam jumlah yang relatif kecil, terletak pada 2θ (deg) 21,797; 43,249; 48,356 dengan (I/I_0) 56; 73; 65. Dari hasil foto *SEM* pada suhu kalsinasi 900 °C mulai terbentuk struktur kristal yang homogen

Kata kunci : SEM, Proses *sol-gel*, Paduan logam La-B, *XRD*

ABSTRACT

PRELIMINARY STUDY OF ALLOY STEEL La AND B PREPARATION USING A WET PROCESS. Preparation of alloy steel of La and B using a wet process with boric acid and lanthanum oxide as feed materials has been carried out. The aim of this research is to understand the process which a wet process by means of *sol-gel* process can be used in the formation of LaB alloy steel and also to find out the effect amount of citric acid in the *sol-gel* formation. The produced gels were then calcined gradually started from 400 to 900 °C with a heating period of one hour. The crystal structure of calcined products were characterized using *X-Ray Diffractometer (XRD)*. The *XRD* pattern of calcined samples showed that the structure of crystal changed with respect to the temperature of calcination. At 500 - 800 °C almost all of the calcined samples were in the amorphous form. While at 900 °C they changed and a part of them were in a LaB_6 crystal form, occurred at 2θ (deg) of 21,797; 43,249; and 48,356 with (I/I_0) 56; 73; and 65. The Scanning Electron Microscope (SEM) data showed that at 900 °C the crystal structure were almost homogen.

Key words : SEM, Sol-gel process, Alloy steel La-B, *XRD*

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir ini penggunaan logam tanah jarang dalam bidang industri semakin meningkat. Secara umum unsur-unsur logam tanah jarang mempunyai kekuatan mekanis yang cukup baik, mempunyai titik leleh yang relatif tinggi dan banyak mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, baik dalam bidang nuklir maupun non nuklir. Unsur-unsur logam tanah jarang bila dipisahkan dari

pasir monasit dalam bentuk murni akan mempunyai nilai ekonomis sangat tinggi dibanding bahan mentahnya. Unsur-unsur yang ekonomis untuk dipisahkan antara lain Lantanum, Serium, dan Neodimium karena unsur-unsur tersebut banyak terkandung dalam pasir monasit [1].

Senyawa-senyawa logam tanah jarang yang mengandung lantanum banyak digunakan dalam aplikasi pencahayaan karbon, khususnya dalam industri

motion picture untuk pencahayaan studio dan proyeksi. Lantanum dalam keadaan murni dapat digunakan dalam bidang industri metalurgi, seperti dalam pembuatan bahan superkonduktor dan sebagai bahan baku dalam pembuatan magnet super [2].

Selain itu Lantanum dalam bentuk paduan dengan unsur lain dapat meningkatkan kualitas bahan dan dapat digunakan juga dalam bidang metalurgi. Sebagai contoh adalah logam paduan LaB_6 , yang dapat diaplikasikan sebagai katoda LaB_6 . LaB_6 dalam bentuk katode sangat ideal digunakan dalam berbagai aplikasi dengan ukuran yang sangat kecil, sebagai sumber elektron dalam SEM, TEM, analisis permukaan dan metrologi. Selain itu dapat juga digunakan sebagai katode arus kuat (tinggi) seperti dalam tabung gelombang mikro, sumber sinar *X-ray*, dan laser elektron bebas [3].

Logam paduan LaB_6 atau CeB_6 dalam bentuk kristal tunggal dapat dibuat dengan ketrampilan teknik tinggi menggunakan proses *Inert gas Arc Float Zone Refining* [3].

Adapun untuk pembuatan dengan cara ini tidak dapat dilakukan karena keterbatasan peralatan yang dimiliki. Karena strategisnya logam paduan LaB_6 yang dapat digunakan untuk keperluan di atas, maka ingin dicoba pembuatan paduan logam LaB_6 dengan metode basah yang banyak digunakan pada proses pembuatan kernel uranium [4].

Dalam penelitian ini unsur Lantanum akan dipadukan dengan Boron. Boron adalah salah satu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang B dan nomor atom 5. Boron merupakan elemen metaloid trivalen dan banyak terdapat di batu borax. Ada dua alotrop boron, yaitu boron amorfus adalah serbuk coklat, dan boron metalik berwarna hitam. Bentuk metaliknya keras (9,3 dalam skala *Moh*) dan konduktor yang buruk dalam suhu ruang. Boron tidak pernah ditemukan dalam keadaan bebas di alam [5].

Dengan mengetahui sifat masing-masing unsur, yaitu Lantanum dan Boron maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi pendahuluan dalam pembuatan logam paduan Lantanum dengan Boron menggunakan proses basah atau yang lebih sering disebut dengan proses *sol-gel*. *Sol-gel* merupakan salah satu teknik yang sukses digunakan dalam pembuatan bahan superkonduktor bentuk keramik. Dalam metode ini larutan dari beberapa kation yang berbeda pada tingkat atomnya memberikan pencampuran lebih baik jika dibandingkan dengan proses konvensional. Selain itu, proses *sol-gel* ini memerlukan suhu atau suhu *sintering* yang lebih rendah beberapa ratus derajat Celsius. Struktur kristal keramik yang dihasilkan dapat dikontrol secara efisien [6].

Dengan demikian diharapkan dalam pembuatan LaB_6 , logam atau oksida La tidak menguap lebih dahulu pada proses pemanasan, sehingga ada kesempatan membentuk paduan dengan boron pada pemanasan lanjut dengan adanya penambahan asam sitrat.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Asam Borat, Lantanum Oksida, Asam Nitrat, Asam Sitrat, dan *Aquadest*.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peralatan gelas, timbangan analitik, kertas timbang, pemanas dan pengaduk magnetik, krus porselin, oven merek Sanken, penggerus porselin, seperangkat alat pembentuk pelet dengan diameter 1 cm, *furnace Sybron Thermolyne*, seperangkat alat XRD dan SEM.

Cara Kerja

Preparasi Umpan

Pembuatan Larutan Asam Borat

Dipanaskan akuades sebanyak 1100 mL dalam gelas beker 1500 mL pada suhu 50 °C, masukkan asam borat sebanyak 106,3755 gram sedikit demi sedikit sambil terus diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga larut semua.

Pembuatan Larutan La Nitrat

Diambil asam nitrat pekat (14,4 M) sebanyak 142,8 mL kemudian diencerkan menjadi 400 mL sehingga konsentrasinya sebesar 5 M, kemudian dimasukkan ke dalam beker 500 mL. La oksida sebanyak 48,5535 gram dimasukkan ke dalam asam nitrat sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga larut semua.

Pembuatan Larutan Umpan

Dimasukkan larutan a dan b dalam beker 2000 mL diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga sempurna. Untuk setiap proses diambil larutan umpan sebanyak 100 mL. Larutan ini disebut sebagai *sol*.

Variasi Penambahan Asam sitrat

Pembuatan Larutan Sitrat

Ditimbang asam sitrat sebanyak 154,929 gram, dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam beker 500 mL yang telah diisi *aquadest* 300 mL sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik hingga terjadi pelarutan sempurna, kemudian tetapkan volumenya sampai tanda.

Variasi Penambahan Asam sitrat

Penambahan asam sitrat divariasi dengan perbandingan berat 0 (tanpa penambahan), 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 terhadap berat umpan. Dilakukan

pengadukan menggunakan pengaduk magnetik hingga tercampur merata.

Proses Gelasi dan Pengerinan

Larutan campuran atau *sol* dipanaskan menggunakan *hotplate* dengan pemanasan bertahap dan terkontrol hingga mendidih dan terjadi penguapan air. Larutan yang mengandung sedikit air dan agak kenyal ini yang disebut sebagai *gel*. Proses dihentikan apabila air yang terkandung dalam gel tinggal sedikit. *Gel* yang masih mengandung sedikit air kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 °C hingga berbentuk serbuk.

Kalsinasi

Serbuk hasil proses pengerinan kemudian digerus menggunakan penggerus porselin agar ukuran butirnya homogen. Serbuk ditempatkan dalam krus porselin, kemudian dilakukan kalsinasi selama 1 jam dengan suhu yang divariasi dari 400 °C sampai dengan 900 °C, untuk setiap suhu pemanasan serbuk diganti dengan yang baru.

Karakterisasi

Pengujian Difraksi Sinar-X

Untuk mengetahui struktur kristal sampel maka perlu dilakukan analisis dengan Difraksi sinar-X (*X-Ray Diffraction*). Hasil pengujian difraksi sinar-X dalam bentuk kurva intensitas sinar difraksi dalam cacah terhadap sudut 2 θ .

Analisis Strukturmikro menggunakan *SEM* (*Scanning Electron Microscope*)

Untuk mengetahui stukturmikro dari bahan maka digunakan alat *SEM*. *SEM* digunakan untuk mempelajari atau mengamati bentuk maupun strukturmikro permukaan dari suatu obyek dengan perbesaran antara 1000x hingga 20000x yang tidak dapat dilihat dengan mata atau dengan mikroskop optik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

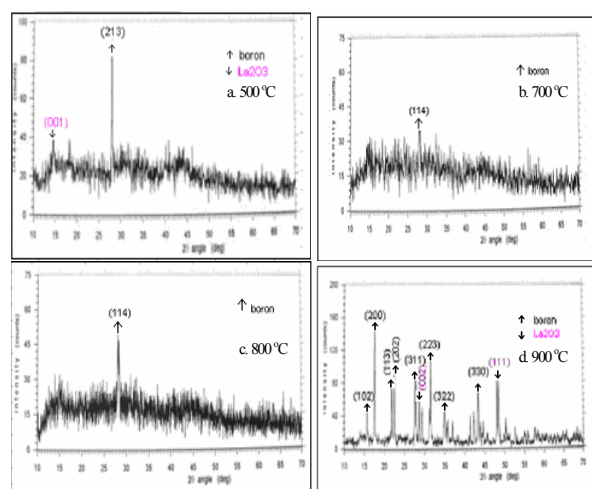
Pengujian Difraksi Sinar-X

Pengujian ini dilakukan terhadap serbuk tanpa penambahan asam sitrat dan yang ditambah asam sitrat. Berikut ini ditampilkan gambar pola difraksi serbuk tanpa penambahan asam sitrat setelah proses kalsinasi pada suhu 500°C hingga 900 °C dengan waktu kalsinasi selama 1 jam.

Pada Gambar 1 (a) terlihat bahwa struktur dari bahan masih berbentuk amorf. Terdapat puncak dari fasa unsur boron pada 2 θ (deg) 27,978 dengan (*I/I*₀) 35. selain itu terdapat fasa La₂O₃ yang terletak pada 2 θ (deg) 14,562 dengan (*I/I*₀) 11 Demikian juga pada Gambar 1 (b) dan Gambar 1 (c) terlihat bahwa struktur kristal dari bahan

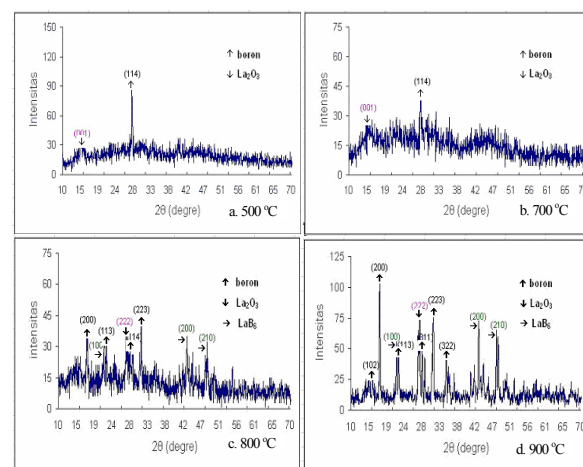
masih berbentuk amorf, terdapat puncak dari boron pada 2 θ (deg) 28,063 dan 28,150 dengan (*I/I*₀) 11 dan 18. Dari Gambar 1 (e) suhu 900 °C dapat dilihat bahwa pola difraksi didominasi oleh fasa unsur boron yang terletak pada 2 θ (deg) 15,697; 17,584; 21,891; 22,521; 27,629; 28,646; 31,551; 34,967; 43,385 dengan (*I/I*₀) 31; 67; 45; 61; 46; 37; 100; 31; dan 51. Selain itu juga terdapat fasa La₂O₃ yang terletak pada 2 θ (deg) 29,354 dan 48,497 dengan (*I/I*₀) 33 dan 60. Terbentuknya fasa La₂O₃ ini disebabkan karena ion-ion La bereaksi dengan oksigen membentuk La oksida.

Berikut ini akan ditampilkan gambar pola difraksi serbuk dengan perbandingan asam sitrat 0,5 terhadap umpan setelah proses kalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C dengan waktu kalsinasi selama 1 jam.



Gambar 1. Pola difraksi sinar-x serbuk tanpa penambahan asam sitrat yang dikalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam.

Pada Gambar 2 (a) terdapat sebuah puncak yang sangat tajam, yang terletak pada 2 θ (deg) 28,078 dengan (*I/I*₀) 100. Dari tabel standar data unsur JCPDS diketahui bahwa puncak tersebut merupakan fasa unsur boron. Pada pola di atas juga terbentuk fasa La₂O₃ yang terletak



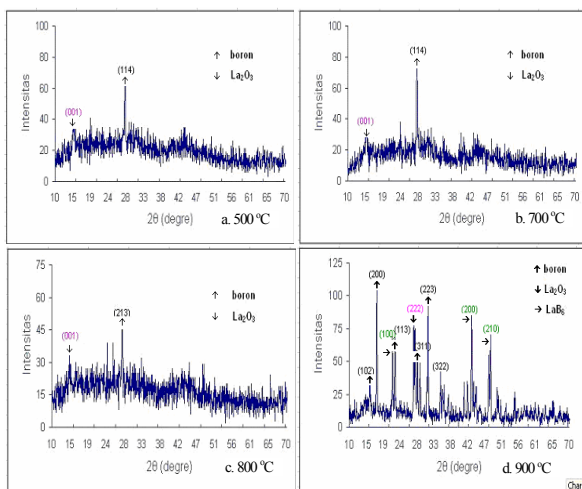
Gambar 2. Pola difraksi sinar-x serbuk dengan perbandingan asam sitrat 0,5 yang dikalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam

pada 2θ (deg) 14,758 dengan (I/I_0) 30. Dari pola difraksi di atas menunjukkan bahwa pada kalsinasi dengan suhu 500 °C belum terbentuk ikatan antara La dan B dalam bentuk LaB_6 . Disini terlihat bahwa boron terurai dari asam borat dan ion-ion lantanum bereaksi dengan oksigen membentuk La oksida (La_2O_3).

Dari pola difraksi di atas dapat dilihat pula bahwa struktur kristal yang terjadi pada bahan masih dalam bentuk amorf. Pada suhu kalsinasi 700 °C, Gambar 2 (b) menunjukkan bahwa struktur kristal yang terjadi juga masih dalam bentuk amorf. Struktur kristal boron terletak pada 2θ (deg) 28,239 dengan (I/I_0) 50 dan La_2O_3 terletak pada 2θ (deg) 14,846 dengan (I/I_0) 30. Pada suhu kalsinasi 800 °C menunjukkan bahwa mulai tampak terbentuk puncak-puncak yang tajam dari struktur kristal. Disini mulai terjadi pembentukan kristal, kebanyakan unsur masih berdiri sendiri namun mulai terbentuk paduan La dan B dalam bentuk LaB_6 yaitu pada 2θ (deg) 21,684; 43,157; 48,354 dengan (I/I_0) 32; 35; 32. Unsur-unsur tersebut antara lain boron yang terletak pada 2θ (deg) 17,364; 22,287; 28,476; 31,341 dengan (I/I_0) 37; 35; 30; 45 dan La_2O_3 terletak pada 2θ (deg) 27,444 dengan (I/I_0) 40.

Pada suhu kalsinasi 900 °C terdapat unsur-unsur yang masih berdiri sendiri (tidak berikatan), yaitu unsur boron yang terletak pada 2θ (deg) 15,603; 17,480; 22,402; 28,528; 31,415; 34,823 dengan (I/I_0) 39; 100; 72; 58; 90; 42 dan fasa La_2O_3 2θ (deg) 27,835 dengan (I/I_0) 79. Mulai terbentuk struktur kristal paduan LaB_6 meskipun dengan intensitas dan jumlah yang relatif kecil. Struktur kristal LaB_6 terletak pada 2θ (deg) 21,797; 43,249; 48,356 dengan (I/I_0) 56; 73; 65. Sebagai perbandingan, berikut ini juga akan ditampilkan gambar pola difraksi serbuk dengan perbandingan asam sitrat 1 terhadap umpan setelah proses kalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C dengan waktu kalsinasi selama 1 jam.

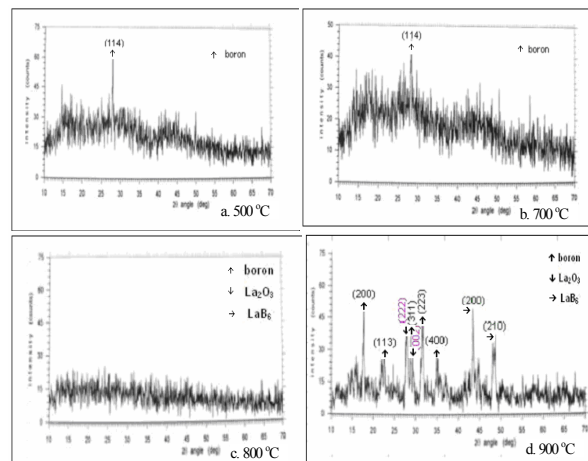
Pada Gambar 3 (a) terlihat bahwa struktur kristal yang terjadi pada bahan masih dalam bentuk amorf. Dari pola difraksi tersebut terdapat puncak yang tajam



Gambar 3. Pola difraksi sinar-x serbuk dengan perbandingan asam sitrat 1 yang dikalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam

pada 2θ (deg) 28,160 dengan (I/I_0) 75, yaitu fasa unsur boron. Selain itu terdapat puncak dari La_2O_3 pada 2θ (deg) 14,730 dengan (I/I_0) 35. Pada pola difraksi 3 (b) terjadi kenaikan intensitas pada fasa unsur boron yang terletak pada 2θ (deg) 28,133 dengan (I/I_0) 80 karena proses pemanasan pada suhu yang lebih tinggi.

Pada pola difraksi ini juga masih terdapat La_2O_3 yang terletak pada 2θ (deg) 14,826 dengan (I/I_0) 30. Pada pola difraksi 4,3.(c) teridentifikasi adanya fasa unsur boron yang terletak pada 2θ (deg) 27,891 dengan (I/I_0) 50 dan fasa La_2O_3 yang terletak pada 2θ (deg) 14,463 dengan (I/I_0) 35. Dari Gambar 3 (d) teridentifikasi adanya paduan LaB_6 yang terletak pada 2θ (deg) 21,795; 43,281; dan 48,402 dengan (I/I_0) 60; 80; dan 70. Selain itu ada unsur masih berdiri sendiri yang terletak pada 2θ (deg) 15,595; 17,475; 22,414; 28,528; dan 34,849 dengan (I/I_0) 39; 100; 70; 58; 90; dan 42 yaitu unsur boron dan fasa La_2O_3 yang terletak pada 2θ (deg) 27,542 dengan (I/I_0) 50.



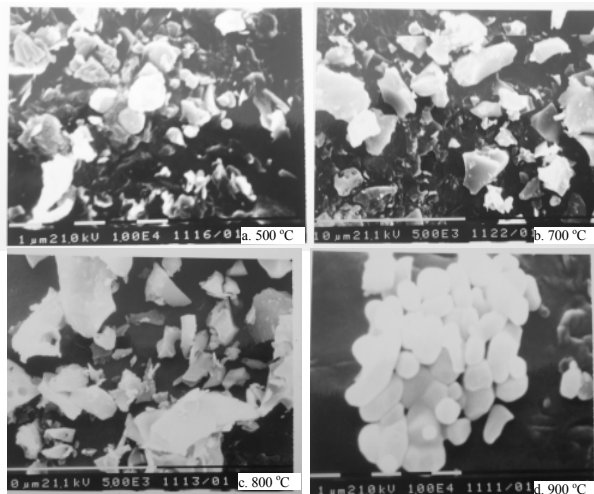
Gambar 4. Pola difraksi sinar-x serbuk dengan perbandingan asam sitrat 2 yang dikalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam

Dari pola difraksi sinar-x serbuk dengan perbandingan asam sitrat 2 yang dikalsinasi pada 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam, pada Gambar 4 (a), Gambar (b) dan Gambar (c) terlihat bahwa struktur kristal dari bahan berbentuk amorf. Terdapat sebuah puncak dari fasa unsur boron pada 2θ (deg) 28,063 dengan (I/I_0) 17. Pada Gambar 4 (d) suhu kalsinasi 900 °C mulai terjadi pertumbuhan kristal LaB_6 yang terletak pada 2θ (deg) 43,447 dan 48,572 dengan (I/I_0) 20 dan 15.

Analisis Strukturmikro

Untuk mengetahui strukturmikro dari bahan dilakukan pengujian menggunakan alat *Scanning Electron Microscope (SEM)* terhadap serbuk dengan perbandingan asam sitrat 1 yang dikalsinasi pada 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam dengan perbesaran 5000x.

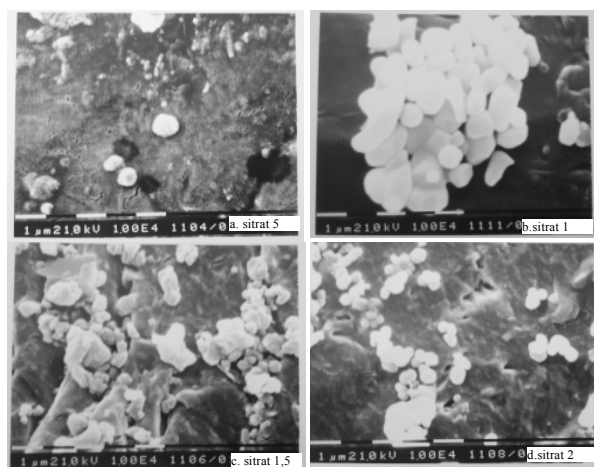
Gambar 5 (a) menjelaskan strukturmikro bahan dengan perbandingan asam sitrat 1 yang dikalsinasi pada



Gambar 5. Struktur mikro serbuk dengan perbandingan asam sitrat 1 yang dikalsinasi pada suhu 500 °C hingga 900 °C selama 1 jam perbesaran 5000x.

suhu 500 °C selama 1 jam. Dari gambar tersebut terlihat bahwa struktur serbuk berupa batang-batang runcing dan tidak teratur. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur yang ada dalam serbuk masih berdiri sendiri. Hal ini terlihat juga pada Gambar 5 (b) bahwa struktur kristal masih tidak beraturan dengan struktur berbentuk batang yang menunjukkan bahwa struktur kristalnya masih dalam bentuk amorf. Dari Gambar 5 (c) dapat diketahui bahwa telah terjadi perubahan strukturmikro pada bahan. Struktur bahan sebagian telah berbentuk bulat pipih namun ada sebagian yang masih berbentuk batang tidak beraturan. Pada Gambar 5 (d) ditunjukkan bahwa struktur serbuk berbentuk bulat agak pipih dan terjadi aglomerasi (penggerombolan). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi paduan pada serbuk. Dengan semakin bertambahnya suhu kalsinasi menyebabkan terjadinya perubahan strukturmikro dari serbuk.

Berikut merupakan strukturmikro serbuk dengan berbagai variasi perbandingan asam sitrat pada suhu kalsinasi 900 °C



Gambar 6. Strukturmikro serbuk berbagai variasi perbandingan asam sitrat yang dikalsinasi pada suhu 900 °C selama 1 jam perbesaran 10000x

Dari gambar strukturmikro di atas terlihat bahwa pada suhu 900 °C masing-masing bahan mempunyai strukturmikro yang hampir sama / mirip, yaitu bulat pipih. Namun dari hasil foto SEM ini tidak dapat digunakan untuk menentukan jenis unsur, hanya untuk mengetahui bentuk strukturmikro dari serbuk.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Logam paduan La dan B dapat dibuat menggunakan proses basah, dengan sitrat sebagai media proses pembentukan gel.
2. Kristal LaB_6 mulai terbentuk dalam kalsinasi pada suhu 900 °C ke atas meskipun dalam jumlah yang relatif kecil.
3. Dalam penelitian ini paduan LaB_6 tidak terjadi tanpa penambahan asam sitrat.
4. Bentuk struktur kristal yang terjadi homogen, pada bahan baku dengan berbagai variasi perbandingan asam sitrat, setelah dikalsinasi pada suhu di atas 900 °C

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada sdr. Berti Listiani (mahasiswa STTN) yang telah membantu penelitian ini, demikian juga kepada sdr. R. Sudibyo, dkk, sehingga karya ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTARACUAN

- [1]. PRIHASTUTI, S., Pengambilan Lantanum Secara Ekstraksi Dan Pengendapan Pada Ph 8 Dari Konsentrat $\text{Nd}(\text{OH})_3$ Hasil Olah Pasir Monasit, *Tugas Akhir STTN*, Yogyakarta, (2005)
- [2]. YOGA, B.D, Pengaruh Panjang Kolom Dan Kecepatan Alir Eluen Pada Pemurnian La Dari La Oksalat Dengan Kolom Penukar Ion, *Tugas Akhir STTN*, Yogyakarta, (2005)
- [3]. (<http://www.kore.co.uk>)
- [4]. RINANTI, S., Pembuatan Butiran U_3O_8 Metode Gelasi Internal Dalam Medium Trikloroetilen, *Tugas Akhir STTN*, Yogyakarta, (2005)
- [5]. (<http://id.wikipedia.org/Wiki/Boron>)
- [6]. SALE, F. R., *Production of Powder For High Performane Ceramics By Solution Synthesis Techniques*, Manchester Materials Science Centre, Manchester, (1989)
- [7]. KUNSONG, MA., and C.P. ALAIN, *Sol-gel Processing of High T_c Superconductors in Bi-(Pb)-Sr-Ca-Cu-O System*, Departement of Mining Metallurgical and Petroleum Engineering, University of Alberta, Edmontont Canada, (1991)
- [8]. LAWRENCE H, *Elements of Materials Science*, Adisson-Weshley Publishing Company, Inc, (1960)

- [9]. NESBITT, E.A., and J.H. WERRICK, *Rare Earth Permanent Magnets*, Academic Press Newyork and London, (1973)
- [10]. PERDAMEAN, S, dan ARSLAN, A, Sintesa Keramik Zirkonia Ca-Stabilized Dengan Metode Kimia Basah dan Karakterisasinya, *PPI PPNY BATAN*, Yogyakarta, (1977)
- [11]. PRAKASH, S, *Advanced Chemistry Of Rare Earth*, S Chand and Co, PVT, New Delhi, (1975)
- [12]. PURNOMO, SE, SIGIT dan BIYANTORO, D., Ekstraksi Y, Lantanum, Ce dan Nd dari Konsentrat LTJ Hasil Olah Pasir Monasit, *PPI PPNY BATAN*, Yogyakarta, (1991)
- [13]. TURNER, C.W. , *Colloid Chemistry and Its Applications to Production of Recycled Fuel by Sol Gel Process*, Ontario : Atomic Energy Canada Limited, (1986)